

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-165478
(43)Date of publication of application : 07.06.2002

(51)Int.Cl. H02P 6/06
H02P 5/00

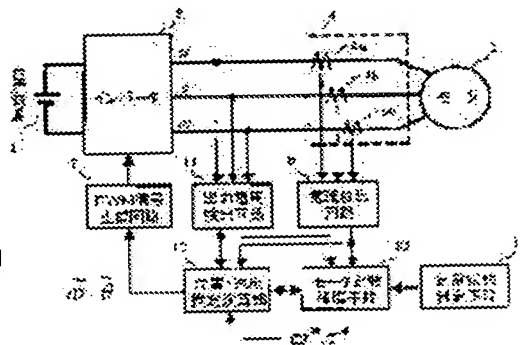
(21)Application number : 2000-357286 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
(22)Date of filing : 24.11.2000 (72)Inventor : KAWACHI MITSUO

(54) MOTOR CONTROLLER

(57)Abstract:

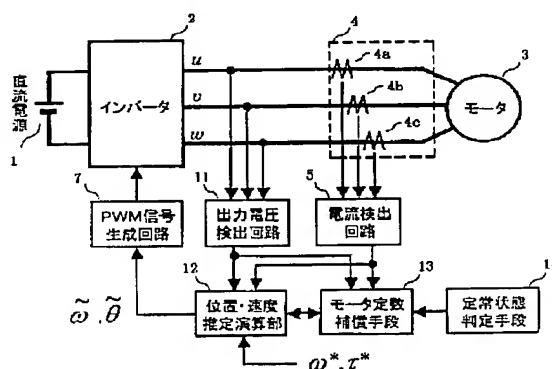
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a motor controller for estimating the rotor magnetic pole position or rotating angular velocity in order to improve, on the rear-time basis, estimation accuracy by compensating for change of motor constant due to temperature rise during operation, and to realize the stable motor drive system.

SOLUTION: A motor constant compensating means compensates for the change of motor constant, using any one of a motor current or a motor voltage corresponding to an output signal of a steady-state determining means for determining whether the operating condition reaches the steady state. A position/ velocity estimating and calculating means estimates the magnetic pole position of a rotor or a rotational angular velocity, based on the motor constant and then outputs it to a PWM signal generating circuit. By using the estimation accuracy can be improved, using the compensated motor constant, and thereby highly accurate velocity and torque control can be realized.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 直流電力を交流電力に変換して出力するインバータと、前記インバータの出力を PWM 信号により制御する PWM 信号生成手段と、前記インバータの出力により駆動されるモータの電流を検出するモータ電流検出手段または前記モータの電圧を検出するモータ電圧検出手段の少なくともいずれか 1 つと、前記モータへの速度指令またはトルク指令を入力し、前記モータのモータ定数に基づき回転子の磁極位置または回転角速度を推定して前記 PWM 信号生成手段に出力する位置・速度推定演算手段と、前記モータ定数の変化を補償して前記位置・速度推定演算手段に出力するモータ定数補償手段と、前記モータの制御系が定常状態に到達したか否かを判定する定常状態判定手段とを備え、前記モータ定数補償手段は、前記定常状態判定手段の出力信号に応じて、前記モータの電流または電圧の少なくともいずれか 1 つを用いて前記モータ定数の変化を補償するようにしたモータ制御装置。

【請求項 2】 モータ定数補償手段は、モータ制御系の状態により補償モードの切り替えを行ない、定常状態では補償モードをオンとしてモータ定数の変化を補償し、過渡状態では補償モードをオフとしてモータ定数の変化の補償を停止させてモータ定数はその前歴値を用いるようにした請求項 1 記載のモータ制御装置。

【請求項 3】 モータ定数補償手段は、補償モードの切り替えの前後で補償モードの切り替え猶予期間を設けてモータ定数補償値が不連続になることを防止するための補償モード安定切替手段を備えた請求項 2 記載のモータ制御装置。

【請求項 4】 モータ定数補償手段は、モータの電流または電圧の少なくともいずれか 1 つから前記モータの電圧方程式よりモータ定数の真値を演算するようにした請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項記載のモータ制御装置。

【請求項 5】 モータの運転開始からの経過時間を計測する時間計測手段を備え、モータ定数補償手段は、前記モータの電流と前記時間計測手段により計測された経過時間とを入力してモータ定数の真値を出力するデータテーブルを備え、前記データテーブルを参照してモータ定数の変化を補償するようにした請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項記載のモータ制御装置。

【請求項 6】 定常状態判定手段は、モータ電流検出手段から得られるモータ電流検出値または位置・速度推定演算手段により導出される推定回転角速度の少なくともいずれか 1 つにより定常状態に到達したか否かを判定するようにした請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項記載のモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回転子の磁極位置

の推定、または回転角速度の推定を行なって制御するモータ制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】以下、従来のモータ制御装置について説明する。一般的に、非通電区間が存在しない 180 度通電で回転子の磁極位置の推定、または回転角速度の推定を行なうモータ制御装置では、モータの電圧方程式に基づいて回転子の磁極位置または回転角速度の推定を行っている。そのため、運転に伴う温度上昇などでモータ定数が変化して推定精度が低下し、モータの高精度な制御を実現するのが困難である。

【0003】そこで、たとえば、図 7 に示した特開平 7-67400 号公報に開示されたモータ制御装置が提案されている。図 7 において、主回路は、直流電源 1 と、2 個のスイッチング素子を直列に接続した組を 3 組並列に接続して構成され、直流電力を交流電力に変換するインバータ 2 と、インバータ 2 により変換された交流電力により駆動する誘導機であるモータ 3 から構成されている。

【0004】一方、制御回路では、前記主回路に設けた 4a、4b、4c からなる電流検出器 4 と電流検出回路 5 とにより検出されるモータ電流からモータの回転角速度の推定値を演算するベクトル制御演算手段 6 と、ベクトル制御演算手段 6 より出力されるによりインバータ 2 の各スイッチング素子に対するゲート信号を出力する PWM 信号生成回路 7 とから構成されている。

【0005】また、温度推定手段 8 は、ベクトル制御演算手段 6 から出力される回転角速度の推定値

【外 1】

〃

の現在値および前歴値と、電流検出回路 5 から出力されるモータ電流の現在値および前歴値とを用いて現在および過去の銅損と鉄損とによる損失を演算する。つぎに、各々の損失に関して最終温度上昇を演算し、熱定数出力手段 9 を用いて熱時定数による時間遅れを考慮してそれぞれの温度上昇分を重ね合わせて現在の温度を演算する。

【0006】また、抵抗値推定手段 10 は、温度推定手段 8 から出力される現在の温度を用いて温度と抵抗との対応マップに基づき抵抗値を出力する。つぎに、抵抗値推定手段 10 から出力される抵抗値をベクトル制御演算手段 6 に入力して回転角速度の推定を行なう。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このような従来の構成では、抵抗値を推定するために温度を推定する必要があり、演算の増加に伴う回路構成の複雑化や、演算装置の容量増大によるコストアップ、さらに演算時間の増大に伴う速度指令と推定回転角速度の追従性に問題があった。また、誘導機の抵抗値のみを推定して、他の種のモータを対象としていないために汎用性に欠けるだけでな

く、他のモータ定数の変化の補償を考慮に入れていないため、高精度な速度・トルク制御が困難であると言う問題があった。

【0008】本発明は上記の課題を解決するもので、運転に伴う温度上昇などによるモータ定数の変化をリアルタイムに補償することで、位置・速度推定の精度向上を図り、安定したモータ駆動系を実現させ、高精度な速度・トルク制御が可能なモータ制御装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1に係わる本発明は、インバータの出力で駆動するモータへの速度指令またはトルク指令とモータ定数とに基づき回転子の磁極位置または回転角速度を推定し、前記インバータを制御するPWM信号生成手段に出力する位置・速度推定演算手段と、前記モータ定数の変化を補償して前記位置・速度推定演算手段に出力するモータ定数補償手段と、前記モータの制御系が定常状態に到達したか否かを判定する定常状態判定手段とを備え、前記モータ定数補償手段は、前記定常状態判定手段の出力信号に応じて、前記モータの電流または電圧の少なくともいずれか1つを用いて前記モータ定数の変化を補償するようにしたモータ制御装置である。

【0010】本発明により、運転に伴う温度上昇などによるモータ定数の変化をリアルタイムに補償することが可能となり、推定精度の向上により安定したモータ駆動系を実現することができる。

【0011】請求項2に係わる本発明は、モータ定数補償手段は、モータ制御系の状態により補償モードの切り替えを行ない、定常状態では補償モードをオンとしてモータ定数の変化を補償し、過渡状態では補償モードをオフとしてモータ定数の変化の補償を停止させてモータ定数はその前値を用いるようにした請求項1に係わるモータ制御装置である。

【0012】本発明により、過渡状態におけるモータ駆動系の安定性を確保することができ、あらゆる状況で安定したモータ駆動系を実現することができる。

【0013】請求項3に係わる本発明は、モータ定数補償手段は、補償モードの切り替えの前後で補償モードの切り替え猶予期間を設けてモータ定数補償値が不連続になることを防止するための補償モード安定切替手段を備えた請求項2に係わるモータ制御装置である。

【0014】本発明により、補償モードの切り替えに伴う制御安定性の確保、および騒音、振動の低減が可能であり、より安定したモータ駆動系を実現することができる。

【0015】請求項4に係わる本発明は、モータ定数補償手段は、モータの電流または電圧の少なくともいずれか1つから前記モータの電圧方程式よりモータ定数の真値を演算するようにした請求項1ないし請求項3のい

れか一項に係わるモータ制御装置である。

【0016】本発明により、新たなハードウェアを追加することなくマイコンなどで演算することが可能であり、温度推定を行なうことなくダイレクトにモータ定数の補償を実現することができる。

【0017】請求項5に係わる本発明は、モータの運転開始からの経過時間を計測する時間計測手段を備え、モータ定数補償手段は、前記モータの電流と前記時間計測手段により計測された経過時間とを入力してモータ定数の真値を出力するデータテーブルを備え、前記データテーブルを参照してモータ定数の変化を補償するようにした請求項1ないし請求項3のいずれか一項に係わるモータ制御装置である。

【0018】本発明により、モータ定数の変化の補償に伴う演算時間を大幅に短縮することが可能であり、より高精度なモータ定数補償を実現することができる。

【0019】請求項6に係わる本発明は、定常状態判定手段は、モータ電流検出手段から得られるモータ電流検出値または位置・速度推定演算手段により導出される推定回転角速度の少なくともいずれか1つにより定常状態に到達したか否かを判定するようにした請求項1ないし請求項3のいずれか一項に係わるモータ制御装置である。

【0020】本発明により、新たなハードウェアを追加することなく定常状態か否かをマイコンなどで演算することが可能であり、それ同等の演算時間で定常状態判定を実現することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】請求項1に係わる本発明は、直流電力を交流電力に変換して出力するインバータと、前記インバータの出力をPWM信号により制御するPWM信号生成手段と、前記インバータの出力により駆動されるモータの電流を検出するモータ電流検出手段または前記モータの電圧を検出するモータ電圧検出手段の少なくともいずれか1つと、前記モータへの速度指令またはトルク指令を入力し、前記モータのモータ定数に基づき回転子の磁極位置または回転角速度を推定して前記PWM信号生成手段に出力する位置・速度推定演算手段と、前記モータ定数の変化を補償して前記位置・速度推定演算手段に出力するモータ定数補償手段と、前記モータの制御系が定常状態に到達したか否かを判定する定常状態判定手段とを備え、前記モータ定数補償手段は、前記定常状態判定手段の出力信号に応じて、前記モータの電流または電圧の少なくともいずれか1つを用いて前記モータ定数の変化を補償するようにしたモータ制御装置とする。

【0022】本発明において、位置・速度推定演算手段は、180度通電駆動などで確定できない回転子の磁極位置または回転角速度を推定演算してPWM信号生成手段に与える。このとき、前記磁極位置または回転角速度をモータの回転角速度指令またはトルク指令とモータ定

数とに基づいて推定演算するが、前記モータ定数は、モータ定数補償手段から変化が補償されたものを入力する。

【0023】モータ定数補償手段は、運転などに伴う温度上昇などによるモータ定数の変化を補償して位置・速度推定演算手段に与えるが、従来例に見られるような温度推定などの間接的な過程を経ず、モータの電流、電圧の少なくとも1つを用いて推定する。たとえば、実施例1では、巻線抵抗についてモータ電流指令とモータ電流との誤差をゼロにするようにP1補償している。また、実施例2では、モータの電圧方程式に基づいて、さらに高精度に補償している。また、実施例3ではデータテーブルを参照して補償している。

【0024】請求項2に係わる本発明は、モータ定数補償手段は、モータ制御系の状態により補償モードの切り替えを行ない、定常状態では補償モードをオンとしてモータ定数の変化を補償し、過渡状態では補償モードをオフとしてモータ定数の変化の補償を停止させてモータ定数はその前歴値を用いるようにした請求項1に係わるモータ制御装置とする。

【0025】本発明において、モータ定数補償手段は、定常状態でのみモータ定数の変化を補償する。

【0026】請求項3に係わる本発明は、モータ定数補償手段は、補償モードの切り替えの前後で補償モードの切り替え猶予期間を設けてモータ定数補償値が不連続になることを防止するための補償モード安定切替手段を備えた請求項2に係わるモータ制御装置とする。

【0027】本発明において、モータ定数補償手段は、定常状態であれば常に補償処理を行うが、演算により補償した結果が前歴値と大幅に異なって不連続となるような場合には、演算による補償のモードでなく、たとえば前歴値を徐々に増減する補償のモードとし、このようなモードを切り替えて、モータの動作を安定にする。

【0028】請求項4に係わる本発明は、モータ定数補償手段は、モータの電流または電圧の少なくともいずれか1つから前記モータの電圧方程式よりモータ定数の真値を演算するようにした請求項1ないし請求項3のいずれか一項に係わるモータ制御装置とする。

【0029】本発明において、モータ定数補償手段は、モータの電圧方程式に基づいてモータ定数の真値を演算する。これにより、モータの電流差分による推定よりも高精度の推定を行う。

【0030】請求項5に係わる本発明は、モータの運転開始からの経過時間を計測する時間計測手段を備え、モータ定数補償手段は、前記モータの電流と前記時間計測手段により計測された経過時間とを入力してモータ定数の真値を出力するデータテーブルを備え、前記データテーブルを参照してモータ定数の変化を補償するようにした請求項1ないし請求項3のいずれか一項に係わるモータ制御装置とする。

【0031】本発明において、モータ定数補償手段は、モータ電流と運転の経過時間とをデータテーブルと参照してモータ定数の真値を得る。これにより、マイコンなどによる演算処理を大幅に低減して高速化に寄与するとともに、演算に伴う推定誤差を回避する。

【0032】請求項6に係わる本発明は、定常状態判定手段は、モータ電流検出手段から得られるモータ電流検出値または位置・速度推定演算手段により導出される推定回転角速度の少なくともいずれか1つにより定常状態に到達したか否かを判定するようにした請求項1ないし請求項3のいずれか一項に係わるモータ制御装置とする。

【0033】本発明において、定常状態判定手段は、常に検出しているモータ電流や推定回転角速度から演算により定常状態か否かを判定する。これにより、定常状態を判定するための新たな構成要素を付加する必要をなくする。

【0034】以下、本発明の実施例について説明する。

【0035】

20 【実施例】（実施例1）以下、本発明のモータ制御装置の実施例1について図面を参照しながら説明する。

【0036】図1は、本実施例の構成を示すブロック図である。なお、図7に示した従来例と同じ構成要素には同一符号を付与している。図1において、主回路は、直流電源1と、スイッチング素子を2個直列に接続した組を3組並列に接続して構成され、直流電力を交流電力に変換するインバータ2と、インバータ2により変換された交流電力により駆動するモータ3から構成されている。

30 【0037】一方、制御回路では、主回路に取り付けられた4a、4b、4cからなる電流検出器4と電流検出回路5とにより検出されるモータ電流、または出力電圧検出回路11により検出されるモータ電圧の少なくともいずれか1つと、モータの速度指令 ω^* 、またはトルク指令 τ^* を入力し、モータの回転角速度の推定値〈外1〉、または回転子の磁極位置の推定値〈外2〉

θ

を演算する位置・速度推定演算部12と、位置・速度推定演算部12より出力される〈外1〉、または〈外2〉によりインバータ2のスイッチング素子に対するゲート信号を出力するPWM信号生成回路7とを備えている。

【0038】また、モータ定数補償手段13は、定常状態判定手段14の出力信号に応じてモータ電流またはモータ電圧の少なくともいずれか1つを用いて運転に伴う温度上昇などによるモータ定数の変化を補償し、補償されたモータ定数を用いて磁極位置の推定または回転角速度の推定を行なう。

50 【0039】以下、モータ定数の補償について具体的に説明する。図1において、出力電圧検出回路11を使用

7
せず、電流検出回路5のみ用いる場合を考えると、一般的にモータ電流指令値 i^* は、速度指令 ω^* と推定角速 $\hat{\omega}$

* 度 (外1) により式 (1) のように表される。
【数1】

$$i^* = \left(K_{P1} + \frac{K_{I1}}{P} \right) \cdot (\omega^* - \hat{\omega}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、Pは微分演算子であり、 K_{P1} 、 K_{I1} はそれぞれ比例ゲインおよび積分ゲインである。
【0040】また、モータの巻線抵抗補償値
【外3】

* は、モータの巻線抵抗のノミナル値 (公称値) R_0 、モータ電流指令値 i^* およびモータ電流 i を用いて式 (2) のように表される。
【数2】

$$\tilde{R} = R_0 + \left(K_{P1} + \frac{K_{I1}}{P} \right) \cdot (i^* - i) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 K_{P2} 、 K_{I2} はそれぞれ比例ゲインおよび積分ゲインである。

【0041】ここで、定常状態において実際のモータの巻線抵抗 R と補償値 (外3) に誤差がある場合は、位置・速度推定演算に補償値 (外3) を用いると電流差分 ($i^* - i$) に誤差が生じてしまう。そのため、電流差分をゼロとするようにモータに加える印加電圧を変化させ、式 (2) のようにPI補償を行なうことで、実際のモータの巻線抵抗 R と補償値 (外3) との誤差をゼロとすることができる。

【0042】なお、上記の例では出力電圧検出回路11を使用しない場合について考えたが、出力電圧検出回路11のみ使用する場合、または出力電圧検出回路11および電流検出回路5の両方を使用する場合にも本発明を適用することが可能である。

【0043】さらに、モータの巻線抵抗 R のみでなく、インダクタンスや誘起電圧定数といった他のモータ定数にも本発明を適用することが可能である。

【0044】図2は、本実施例の補償モードの切り替え動作を示すフローチャートである。定常状態では補償モードがオンでありモータ定数の変化を補償し、モータ定数を更新させる。また、過渡状態では補償モードがオフでありモータ定数の変化の補償を停止させ、モータ定数はその前歴値を用いる。

【0045】図3、は上記の補償モード安定切替手段の一実施例で、過渡状態から定常状態への切り替えを示す特性図である。過渡状態であるモード1では補償モードがオフであり、モータ定数は前歴値を用いており一定値となっている。定常状態であるモード2以降では補償モードがオンとなり、モータ定数の補償演算を開始させる。しかし、図3に示したように、前歴値と演算値とが必ずしも一致しない場合は、モード2のように前歴値を徐々に増加または減少させ、演算値と一致する時点で演算値を用いるモード3に切り替える。

【0046】なお、ヒステリシスループを付与することや、前歴値と演算値との誤差をゼロとするようにPI補償を行なうことでも同等の効果を得ることができる。

【0047】以上のように本実施例によれば、運転に伴う温度上昇などによるモータ定数の変化をリアルタイムに補償することが可能となり、推定精度の向上を図ることと安定したモータ駆動系を実現でき、高精度な速度・トルク制御が可能である。

【0048】また、補償モードの切り替えを行なうことで、過渡状態におけるモータ駆動系の安定性を確保することができ、あらゆる状況でも安定したモータ駆動系を実現できる。

【0049】さらに、補償モード安定切替手段により補償モードの切り替えに伴う制御安定性の確保および騒音・振動の低減が可能であり、より安定したモータ駆動系を実現でき、さらに高精度な速度・トルク制御が可能である。

【0050】(実施例2) 以下、本発明のモータ制御装置の実施例2について説明する。

【0051】本実施例のモータ制御装置は、モータの電圧方程式に基づいてモータ定数の補償を行なうものであり、実施例1の電流差分に基づくモータ定数補償よりも高精度にモータ定数補償を行なうことができる。

【0052】ここでは、一例として永久磁石界磁形のDCブラシレスモータを電流フィードバック方式の磁極位置推定により、非通電区間の存在しない180度通電のうちの正弦波駆動を行なう場合について説明する。

【0053】図4は、磁極位置推定における座標軸の定義を示す模式図である。一般的に、正弦波駆動を行なう場合には、制御演算を容易にするため、図4に示したように、モータの諸量を u 、 v 、 w の三相から $d-q$ 軸の二相へと三相-二相変換を行ない直流化する。なお、三相から二相への変換方法については公知のため省略する。

【0054】図4において、 θ は実際の回転子の磁極位置であり、(外2) は推定磁極位置である。また、 $\Delta\theta$ は位置誤差であり、 $\Delta\theta = (\text{外2}) - \theta$ の関係がある。

【0055】ここで、モータの巻線抵抗 R を、 d 軸インダクタンスと q 軸インダクタンスをそれぞれ L_d と L_q 、誘起電圧定数を K_E とすると、 $d-q$ 軸上での電圧方

程式は式(3)のように表される。

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + L_d P & -\omega L_q \\ \omega L_d & R + L_q P \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega K_E \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

ただし、Pは微分演算子であり、 ω はモータの回転角速度である。

※-q'軸はほぼ一致していると考え、 $\Delta\theta=0$ の近似を行なうと式(3)は式(4)のように表される。

【0056】ここで、動作点近傍では、d-q軸とd' ※ (数4)

$$\begin{cases} v_{d'} = Ri_{d'} + L_d P i_{d'} - \omega L_q i_{q'} \\ v_{q'} = Ri_{q'} + L_q P i_{q'} + \omega L_d i_{d'} + \omega K_E \end{cases} \quad \dots (4)$$

ただし、(外1)は推定角速度である。

★のように変形できる。

【0057】ここで、モータ定数の補償は定常状態で行なうため、式(4)の微分項をゼロとすると、式(5)★

(数5)

$$(\tilde{R} - R) \cdot i_{d'}^2 = \tilde{R} i_{d'}^2 - (v_{d'} i_{d'} + \omega L_q i_{q'} i_{d'}) \quad \dots (5)$$

ただし、(外3)はモータの巻線抵抗補償値である。

☆の場合には負となる。そこで、式(6)のようにして巻線抵抗の補償を行なう。

【0058】式(5)から、 $i_{d'}$ の符号に関わらず補償値(外3)と巻線抵抗Rの真値との関係が求められ、

(数6)

(外3)がRよりも大きい場合には右辺は正となり、逆☆

$$\tilde{R}[nT_s] = \tilde{R}[(n-1)T_s] - K_R \int_{(n-1)T_s}^{nT_s} \{\tilde{R}[(n-1)T_s] \cdot i_{d'}^2 - (v_{d'} i_{d'} + \omega L_q i_{q'} i_{d'})\} dt$$

..... (6)

ここで、式(6)はマイコンなどで演算を行なうため離散時間系をとっており、 nT_s は現在のサンプリング時間で、 $(n-1)T_s$ は1つ前のサンプリング時間である。また、 K_R は積分ゲインである。

【0059】なお、式(6)では、式(5)の右辺の積分のみを行なっているが、比例項を付け加えてPI補償を行なうことで応答性がより向上する。

【0060】さらに、 $i_{d'}$ の符号が変化しない場合は式(6)を辺々 $i_{d'}$ で除算し演算時間の短縮を図ることが可能である。

【0061】以上のように本実施例によれば、実施例1の電流差分に基づくモータ定数の補償よりも高精度にモータ定数補償を行なうことが可能であり、さらに高精度な速度・トルク制御が実現できる。

【0062】なお、上記の説明では、磁極位置推定を行なうDCブラシレスモータの正弦波駆動を例に挙げたが、その他のモータや駆動方式にも本発明を適用することが可能である。

【0063】さらに、モータの巻線抵抗のみでなく、インダクタンスや誘起電圧定数といった他のモータ定数にも本発明を適用することが可能である。

【0064】(実施例3)以下、本発明のモータ制御装置の実施例3について説明する。図5は、本実施例の構成を示すブロック図である。なお、図1と同じ構成要素には同一符号を付与し、その説明は重複するので省略し、ここでは異なる部分についてのみ説明する。

【0065】図5において、モータの運転開始からの経過時間を計測する時間計測手段15を備え、モータ定数

補償手段13は、モータ電流と時間計測手段15により計測された経過時間とを入力するとともに、モータ定数の真値を出力するデータテーブルを備えている。

【0066】なお、上記データテーブルには、あらかじめ実験などにより求めたモータ定数が記載されており、経過時間およびモータ電流とモータ定数との対応マップに基づき、常にモータ定数の真値を出力することができる。

【0067】ここで、時間計測手段15は、マイコンなどでモータ起動時から加算を行なうことで運転開始からの経過時間を求めることができる。ただし、マイコンなどで加算を行なう場合はオーバーフローなどのエラー対策を行なっておく必要がある。

【0068】以上のように本実施例によれば、演算によりモータ定数補償を行なう実施例1および実施例2の方式に比べて、モータ定数補償に伴う演算時間を大幅に短縮することが可能である。

【0069】なお、電流検出回路5を使用する場合だけでなく、出力電圧検出回路11のみを使用する場合、または出力電圧検出回路11および電流検出回路5の両方を使用する場合にも本発明を適用することが可能である。

【0070】(実施例4)以下、本発明のモータ制御装置の実施例4について図面を参照しながら説明する。

【0071】図6は、本実施例の構成を示すブロック図である。なお、図1および図5と同じ構成要素には同一符号を付与し、その説明は重複するので省略し、ここでは異なる部分についてのみ説明する。

【0072】図6において、定常状態判定手段14は、

電流検出回路 5 から得られるモータ電流検出値の収束判定に基づいて定常状態の判定を行なう。具体的には、以下の方法でモータ電流検出値の収束判定を行なう。

【0073】現在のサンプリング時間を nT_s 、1 つ前の*

$$|i[nT_s] - i[(n-1)T_s]| \leq \varepsilon \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここで、 ε は収束値であり、モータ電流検出値の現在値と前歴値との差が ε 以下となれば定常状態に到達すると見なす。

【0074】また、現在値と 1 つ前の前歴値との差でなく、現在値と過去の前歴値の平均値との差を取ること

で、収束判定の精度を向上させることが可能である。

【0075】さらに、電流検出器 4 a、4 b、4 c と電流検出回路 5 との間に積分回路や LPF を通したモータ電流検出値を用いても同等の効果が得られる。

【0076】以上のように本実施例によれば、新たなハードウェアを追加することなくマイコンなどで演算することが可能であり、同等の演算時間で定常状態判定を実現することができる。

【0077】なお、位置・速度推定演算部 12 から出力される推定回転角速度を用いても同様に定常状態の判定が可能である。

【0078】

【発明の効果】請求項 1 に係わる本発明は、直流電力を交流電力に変換して出力するインバータと、前記インバータの出力を PWM 信号により制御する PWM 信号生成手段と、前記インバータの出力により駆動されるモータの電流を検出するモータ電流検出手段または前記モータの電圧を検出するモータ電圧検出手段の少なくともいずれか 1 つと、前記モータへの速度指令またはトルク指令を入力し、前記モータのモータ定数に基づき回転子の磁極位置または回転角速度を推定して前記 PWM 信号生成手段に出力する位置・速度推定演算手段と、前記モータ定数の変化を補償して前記位置・速度推定演算手段に出力するモータ定数補償手段と、前記モータの制御系が定常状態に到達したか否かを判定する定常状態判定手段とを備え、前記モータ定数補償手段は、前記定常状態判定手段の出力信号に応じて、前記モータの電流または電圧の少なくともいずれか 1 つを用いて前記モータ定数の変化を補償するようにしたモータ制御装置とすることにより、運転に伴う温度上昇などによるモータ定数の変化をリアルタイムに補償することが可能となり、推定精度の向上を図ることで安定したモータ駆動系を実現でき、高精度な速度・トルク制御が可能であるという効果を奏する。

【0079】請求項 2 に係わる本発明は、モータ制御系の状態により補償モードの切り替えを行ない、定常状態では補償モードがオンでありモータ定数の変化を補償し、過渡状態では補償モードがオフでありモータ定数の変化の補償を停止させ、モータ定数はその前歴値を用い

* サンプリング時間を $(n-1)T_s$ とすると、モータ電流検出値の収束判定は式 (7) のように表される。

【数 7】

るようにしたモータ制御装置とすることにより、過渡状態におけるモータ駆動系の安定性を確保することができ、あらゆる状況でも安定したモータ駆動系を実現でき、より高精度な速度・トルク制御が可能であるという効果を奏する。

【0080】請求項 3 に係わる本発明は、補償モードの切り替えを円滑に行なうための補償モード安定切替手段を備えたモータ制御装置とすることにより、補償モードの切り替えに伴う制御安定性の確保および騒音・振動の低減が可能であり、より安定したモータ駆動系を実現でき、さらに高精度な速度・トルク制御が可能であるという効果を奏する。

【0081】請求項 4 に係わる本発明は、モータ定数補償手段はモータ電流またはモータ電圧の少なくともいずれか 1 つからモータの電圧方程式よりモータ定数の真値を演算するようにしたモータ制御装置とすることにより、新たなハードウェアを追加することなくマイコンなどで演算することが可能であり、温度推定を行なうことなくダイレクトにモータ定数の補償が実現でき、同等のコストを維持することができただけでなく部品公差によるばらつきの影響に非干渉のため高精度化が可能であるという効果を奏する。

【0082】請求項 5 に係わる本発明は、モータの運転開始からの経過時間を計測する時間計測手段を備え、モータ定数補償手段は、前記モータの電流と前記時間計測手段により計測された経過時間とを入力してモータ定数の真値を出力するデータテーブルを備え、前記データテーブルを参照してモータ定数の変化を補償するようにした請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に係わるモータ制御装置とすることにより、モータ定数補償に伴う演算時間を大幅に短縮することが可能であり、より高精度なモータ定数補償が実現でき、さらにモータ定数補償演算が不要であるため演算誤差を大幅に減少することが可能であるという効果を奏する。

【0083】請求項 6 に係わる本発明は、定常状態判定手段は、モータ電流検出手段より得られるモータ電流検出値または位置・速度推定演算手段より導出される推定回転角速度の少なくともいずれか 1 つにより定常状態に到達したか否かを判定するようにしたモータ制御装置とすることにより、新たなハードウェアを追加することなくマイコンなどで演算することが可能であり、同等のコストおよび演算時間で定常状態判定を行なうことが可能であるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のモータ制御装置の一実施例の構成を示すブロック図

【図2】同実施例における補償モードの切り替え動作を示すフローチャート

【図3】同実施例における補償モード安定切替手段の動作を示す特性図

【図4】磁極位置推定における座標軸の定義を示すベクトル図

【図5】本発明のモータ制御装置の他の実施例の構成を示すブロック図

【図6】本発明のモータ制御装置の他の実施例の構成を示すブロック図

【図7】従来のモータ制御装置の構成を示すブロック図

【符号の説明】

1 直流電源

*

* 2 インバータ

3 モータ

4、4 a ~ 4 c 電流検出器（モータ電流検出手段）

5 電流検出回路（モータ電流検出手段）

6 ベクトル制御演算手段

7 PWM信号生成回路（PWM信号生成手段）

8 温度推定手段

9 熱定数出力手段

10 抵抗値推定手段

11 出力電圧検出回路（モータ電圧検出手段）

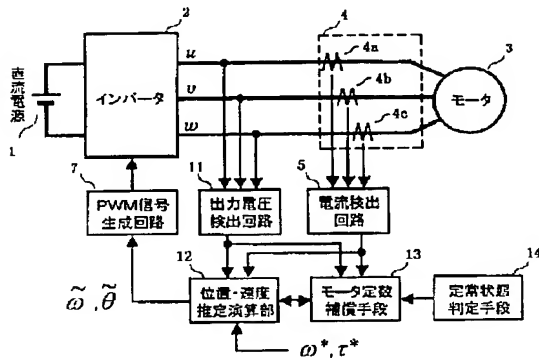
12 位置・速度推定演算部（位置・速度推定演算手段）

13 モータ定数補償手段

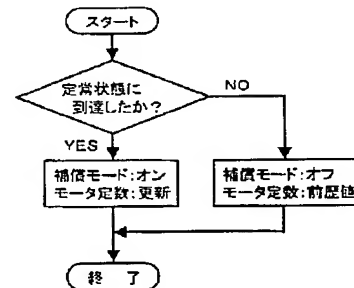
14 定常状態判定手段

15 時間計測手段

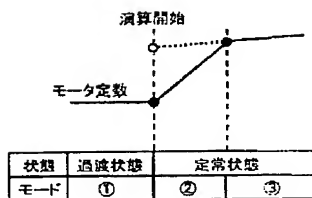
【図1】



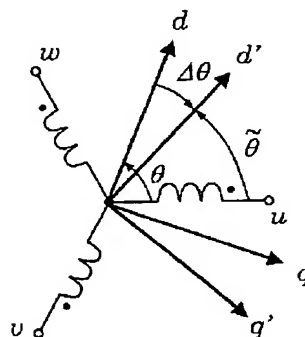
【図2】



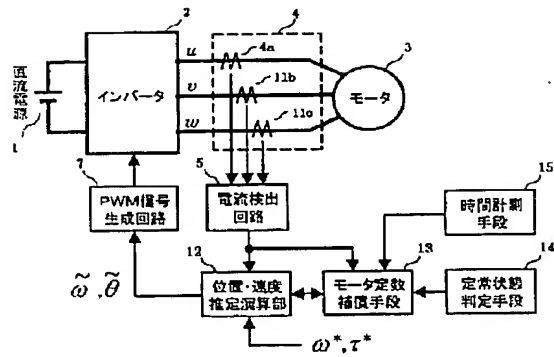
【図3】



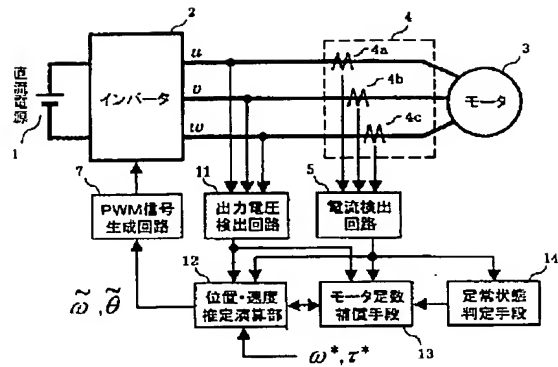
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

